LE PORTE SERIALI E PARALLELE

Il personal computer può essere collegato ad una serie di periferiche, come il mouse, la stampante, il plotter, il joystick, il modem, o altri dispositivi, che sono necessari per poter effettuare determinate operazioni.

utti questi dispositivi comunicano con il computer attraverso alcune interfacce, conosciute con il nome di porte di comunicazione.

Queste porte di comunicazione possono essere di due tipi:

- *la porta SERIALE,*
- *la porta PARALLELA.*

La differenza tra un tipo di porta e l'altra è determinata dal diverso sistema di trasmissione e di ricezione dei dati tra computer e periferica e viceversa. Nella porta seriale i dati vengono trasmessi bit per bit, mentre con la porta parallela i dati vengono inviati come byte o parole di otto bit complete.

In una porta seriale i dati vengono trasmessi bit per bit

Attualmente i costruttori tendono a raggruppare più funzioni su di una sola scheda

Queste porte sono costituite fisicamente da interfacce che vengono inserite negli slot di espansione della scheda madre del personal. In commercio sono disponibili diversi modelli di schede di comunicazione, che differiscono sostanzialmente solo per le opzioni di cui sono dotate; si possono quindi trovare schede che contengono una o due porte seriali e una o due porte parallele.

Porta parallela LPT con il tipico connettore DB25

Attualmente i costruttori, per ridurre il numero di slot interni al PC occupati da queste schede, propongono interfacce in grado di svolgere più funzioni, con conseguente riduzione sia dello spazio occupato che del costo di acquisto delle stesse; questa tecnica costruttiva è conosciuta con il nome *All In One Board*, e consente l'integrazione su di una sola scheda di una porta seriale, due porte parallele, il controller per i disk drive e l'hard disk e una porta game per il joystick.

LA PORTA SERIALE

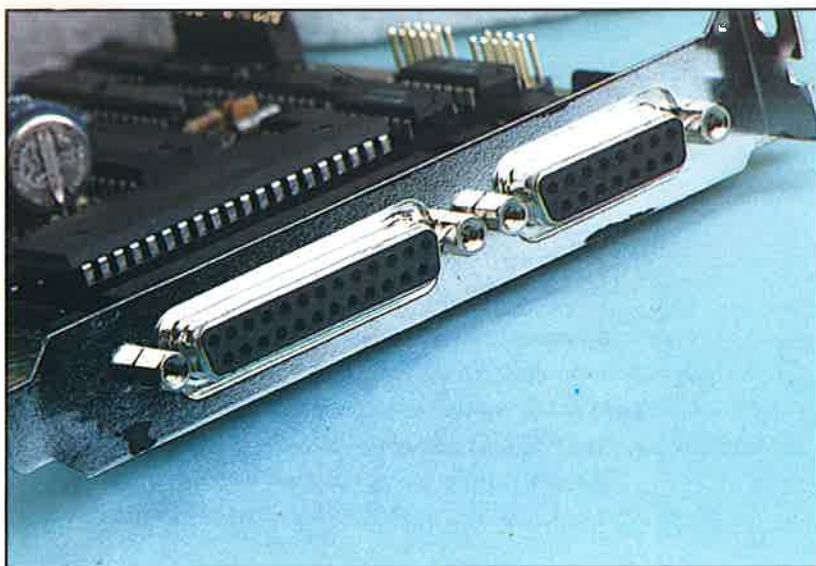
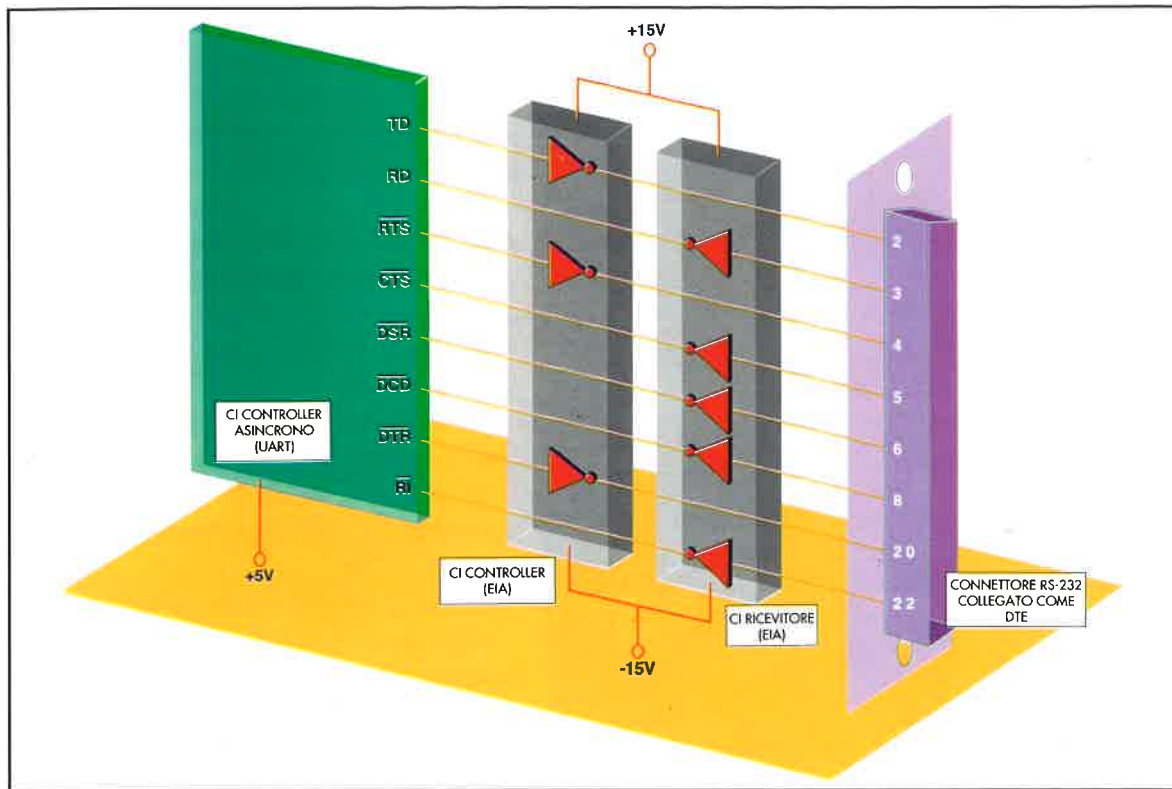
La porta seriale è caratterizzata, come si è già detto, dal fatto che la trasmissione dei dati viene eseguita bit per bit. Questo tipo di trasferimento dei dati risulta particolarmente efficace per trasmissioni a lunga distanza, in quanto permette l'allacciamento tra il personal computer e una determinata periferica distante anche parecchi chilometri.

Vi sono diversi modelli di porte seriali che differiscono tra di loro per il numero di terminali di cui è dotato il connettore di tipo D impiegato per comunicare con la periferica:

- *la porta seriale V-24, è dotata di un connettore di uscita tipo sub-D a nove terminali,*
- *la porta seriale RS232, è dotata di un connettore di uscita a venticinque terminali.*

La trasformazione di un tipo di porta seriale nell'altra è molto semplice, poiché può essere realizzata con un semplice convertitore da nove a venticinque terminali e viceversa.

Un altro tipo di porta seriale, chiamata *game port*, viene utilizzata quasi esclusivamente per i giochi e consente di collegare il *joystick* al PC. Questa porta game è dotata di un connettore di uscita tipo sub-D a 15 terminali.

Connettori maschi di uscita per le porte seriali COM1 e COM2

La porta seriale RS232 richiede alcuni integrati per la conversione dei livelli conosciuti con il nome di controllori e ricevitori EIA

PORTE SERIALI IN AMBIENTE DOS

Il PC supporta un numero definito di porte seriali stabilito dal sistema operativo MS-DOS.
Con il sistema operativo MS-DOS possono essere gestite un massimo di quattro porte seriali, utilizzabili anche in modo contemporaneo dai diversi dispositivi ad esse collegabili.
Queste porte seriali sono indicate con la sigla COM, e più precisamente vengono chiamate COM1, COM2, COM3 e COM4.
Con questa disposizione è necessario, quando si deve installare una periferica collegata ad una porta seriale, assegnarle l'opportuna porta COM in modo che non si generino malfunzionamenti o interferenze.
Per gestire correttamente questa procedura di assegnamento o configurazione, gli indirizzi delle diverse porte COM devono essere diversi, in modo da rendere possibile l'installazione contemporanea dei diversi dispositivi periferici collegati alle diverse porte seriali del PC.
La selezione delle porte può avvenire in due diversi modi:
- *tramite hardware*
- *tramite software*

La *selezione hardware* consiste nella configurazione di alcuni ponticelli (*jumper*), tramite i quali si indirizza la porta COM scelta per la periferica in questione.
La *configurazione software* è possibile solo per quelle periferiche dotate di un programma di installazione, come ad esempio il mouse e il modem; in questo caso, la comunicazione tra il PC e la periferica viene impostata da tastiera, e viene richiesta la selezione di una porta COM da scegliere tra quelle non ancora occupate da altri dispositivi periferici.
Le interfacce di comunicazione seriale oggi disponibili integrano più porte contemporaneamente, consentendo l'occupazione di un minor numero di slot di espansione sulla scheda madre. Queste schede sono dotate di diverse uscite, alle quali vengono connessi dei flat cable dotati a loro volta degli opportuni connettori tipo sub-D che permettono il loro collegamento al mondo esterno.

Le porte seriali sono indicate con la sigla COM

L'8250 è l'UART più comunemente utilizzato nelle schede per la comunicazione tra il PC e le periferiche

Velocità di trasmissione in una porta seriale

In una porta seriale è necessario regolare o impostare la quantità di bit al secondo che deve essere trasmessa o ricevuta.
Questo valore, definito semplicemente *velocità di trasmissione*, può essere programmato direttamente con il sistema operativo DOS grazie al comando MODE.
Tramite questo comando è possibile impostare il numero di *baud* (bit per secondo) che devono essere trasmessi dalla porta seriale.
La velocità di trasmissione che deve essere selezionata è determinata dalla capacità di elaborazione dati della periferica collegata alla porta seriale.
Il valore più comunemente utilizzato è di 9600 baud, ma anche valori di 2400 o 1200 sono comunque molto frequenti nel campo delle comunicazioni seriali.

In una interfaccia RS232 il terminale di uscita di un connettore corrisponde al terminale di ingresso dell'altro

Lo standard RS232

L'RS232C è una interfaccia che permette lo scambio seriale dei dati (trasmissione e ricezione) tra un terminale (DTE) e una periferica (DCE).
Dal punto di vista fisico è costituita da un connettore di tipo D a venticinque terminali, le cui disposizioni sono definite in modo standardizzato, e da un cavo che presenta una capacità massima di 2.500 picofarad.
Alcuni di questi terminali sono destinati alla comunicazione asincrona, mentre altri non vengono utilizzati e rimangono scollegati.
I segnali presenti sui terminali attivi si suddividono in tre categorie: alcuni provengono dal DTE, altri dal DCE, ed altri ancora da entrambi.
I segnali di riferimento per il DTE sono:
- *terminale 2, TD (uscita dei dati dal DTE),*
- *terminale 4, RTS (il DTE richiede l'abilitazione per l'invio dei dati),*
- *terminale 20, DTR (Il terminale è pronto per l'invio dei dati),*

I segnali di riferimento per il DCE sono:
- *terminale 3, RD (ingresso dati DTE),*
- *terminale 5, CTS (preparazione per la ricezione),*
- *terminale 6, DSR (il DCE è pronto per comunicare con un DTE),*
- *terminale 8, DCD (rilevazione della portante),*
- *terminale 22 RI (segnala una chiamata).*

Inoltre, il terminale 23 (SEL), che è bidirezionale, ha il compito di indicare ad entrambe le apparecchiature la velocità di trasmissione dei dati. In una interfaccia RS232 le uscite di un dispositivo corrispondono sempre agli ingressi dell'altro; ciò significa che da un punto di vista logico sono complementari.

I segnali di trasmissione dati TD e di ricezione dati RD

Il segnale TD esce dal terminale 2 del connettore DB-25 e ha il compito di trasferire i dati seriali dal DTE ad una periferica (ad esempio un modem).
Per evitare problemi di interfacciamento, questo trasferimento avviene in accordo con uno standard di trasmissione definito e riconosciuto a livello internazionale.
Per fare in modo che possa avvenire il trasferimento dei dati, è necessario che alcuni segnali del protocollo RS232 relativi al DTE siano attivati:
- *terminale 4, RTS, con il quale si sollecita l'invio dei dati,*
- *terminale 5, CTS, indica che tutto è predisposto*

per ricevere i dati,
- terminale 6 DSR, indica che il gruppo dei dati da trasmettere è pronto,
- terminale 20 DTR, indica che la periferica è predisposta per il collegamento con la linea di trasmissione.

Il segnale di ricezione RD, che ha il compito di ricevere i dati trasmessi, è il corrispondente del segnale TD e il suo funzionamento non dipende dal protocollo RS232.

VELOCITÀ E POTENZA DELLO STANDARD RS232

La velocità alla quale può lavorare una interfaccia RS232 è compresa in un intervallo che va da zero ad un valore nominale di 38.400 bit al secondo.

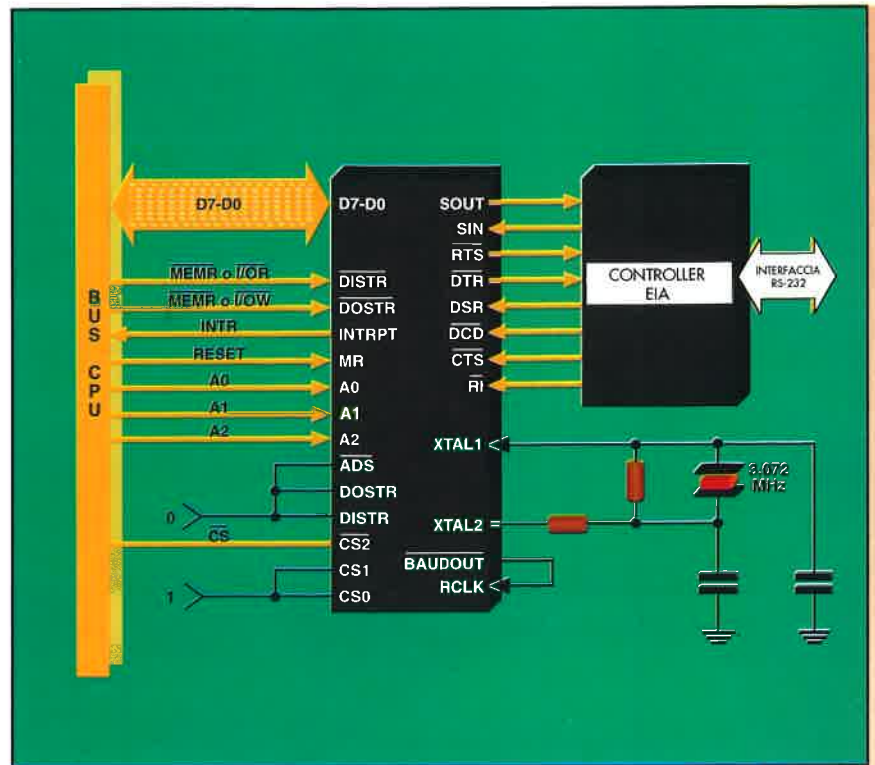
La maggior parte delle applicazioni sfrutta però una velocità massima limitata a 19.200 bit al secondo, poiché a velocità maggiori vengono amplificati i difetti e le interferenze presenti sulla linea di collegamento.

La lunghezza massima ammessa per il cavo di connessione è di circa 15 metri, con capacità totale inferiore a 2.500 picofarad.

L'interfaccia seriale RS232 è in grado di sopportare un cortocircuito di durata indefinita tra qualsiasi coppia di terminali senza subire alcun danneggiamento; si tratta perciò di una interfaccia molto sicura e resistente, poiché tollera in modo ottimale gli eventuali errori di collegamento tra il personal computer e la periferica.

HARDWARE DI BASE DI UNA PORTA SERIALE

I dati elaborati dalla CPU e trasmessi attraverso i bus vengono gestiti da alcuni circuiti hardware presenti sulla scheda di comunicazione inserita in uno slot di espansione del PC. Questo hardware converte i dati paralleli del bus in dati seriali che possono essere trasmessi dall'interfaccia RS232.

I circuiti integrati che svolgono questa funzione sono conosciuti con il nome di *UART* (*Universal Asyncronous Receiver Transmitter*). Gli UART più conosciuti e utilizzati nella costruzione delle schede di comunicazione per PC sono l'INS8250 della National e lo Z80SIO della Zilog.

Schema tipico di collegamento dell'integrato 8250 con i controller EIA, l'interfaccia RS232, e con il bus della CPU

L'8250

L'UART 8250 è stato montato su milioni di PC, e anche se attualmente è stato superato da circuiti integrati più moderni e funzionali, può comunque essere definito come una pietra miliare nel campo delle comunicazioni seriali.

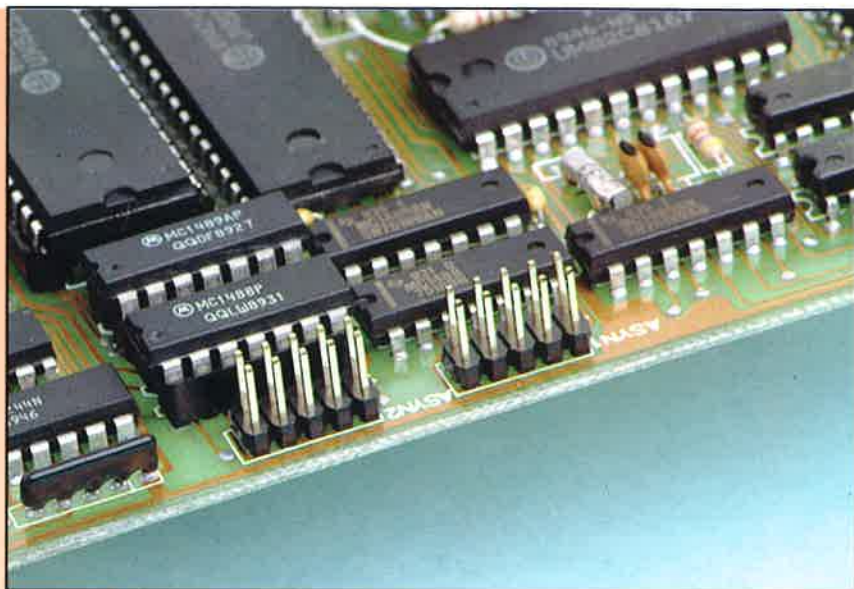
Questo componente è stato progettato per poter operare con diverse CPU e con il relativo hardware di supporto, essendo per molti aspetti simile agli UART utilizzati nel campo professionale. Per il suo funzionamento questo tipo di UART richiede la presenza di tre interfacce fondamentali:

- il bus di Ingresso/Uscita (I/O) del sistema,
- la temporizzazione e il clock,
- una porta di Ingresso/Uscita RS232.

Gli otto bit di Ingresso/Uscita D0-D7 sono collegati tramite otto linee al bus dati della CPU.

Il percorso seguito dai dati per entrare ed uscire dalla UART viene controllato con operazioni di lettura e scrittura, rispettivamente DISTR e DOSTR, che sono perfettamente differenziate dalle linee di ingresso e di uscita dei dati.

Inoltre, l'8250 è dotato di diversi registri interni indirizzabili individualmente tramite i segnali di

L'interfaccia seriale RS232 è in grado di sopportare un cortocircuito di durata infinita tra due qualsiasi dei suoi terminali senza subire alcun danneggiamento

Tramite i ponticelli di selezione, o jumper, è possibile configurare i parametri delle porte di comunicazione

selezione A0, A1 e A2. Il *processo di trasmissione* di una parola avviene in tre fasi:

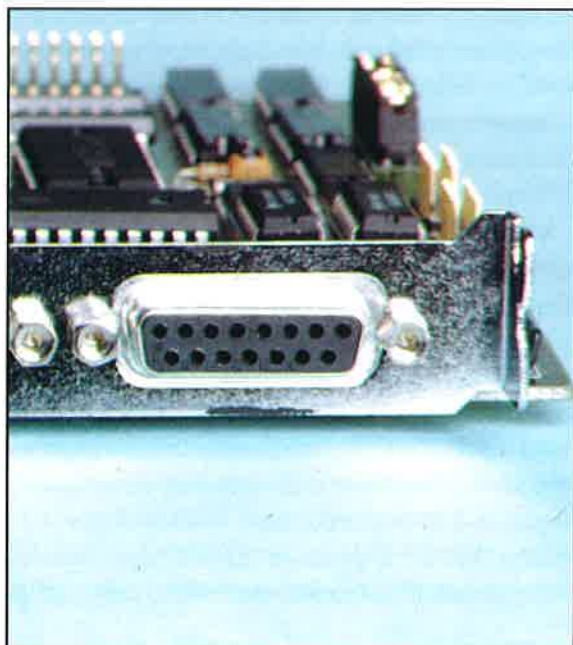
1. - la CPU presenta il byte dei dati di uscita sulle 8 linee D0-D7,
2. - il numero di registro del buffer di trasmissione viene inviato agli ingressi A0, A1 e A2 per la sua selezione,
3. - la logica di controllo delle linee dei dati DISTR e DOSTR carica il byte nel buffer di trasmissione,

e l'8250 trasferisce i bit che compongono il dato dal registro del buffer al registro di scorrimento del trasmettitore.

Le *fasi di ricezione* sono molto simili a quelle viste per la trasmissione, e corrispondono a quelle indicate di seguito:

1. - viene inviato il numero di registro del buffer del ricevitore agli ingressi A0, A1 e A2 di selezione,
2. - tramite le linee di controllo DISTR e DOSTR viene eseguita una operazione di lettura,
3. - i bit vengono caricati nel buffer di ricezione D0-D7, che li trasferisce al bus dati della CPU.

L'uscita indicata con il nome di INTRPT corrisponde ad un interrupt che commuta a TRUE ogni volta che viene richiesta l'attivazione di una comunicazione seriale; si può quindi dire che l'8250 genera un interrupt che agisce sul microprocessore del PC.

La porta games è dotata di un connettore a 15 poli di tipo D

Le porte parallele sono disponibili solamente su schede a 8 bit, per cui si possono installare sia su di un calcolatore di tipo XT che in un moderno 486

Il clock dell'8250

Il segnale di clock che controlla la velocità di lavoro dell'8250 può essere generato esternamente, oppure internamente per mezzo di un oscillatore al quarzo da 3,072 MHz.

Questo segnale viene applicato all'ingresso XTAL1, e successivamente inviato ad un circuito divisore programmabile dall'utente per generare il clock principale.

La velocità di lavoro interna è 16 volte superiore alla corrispondente velocità in baud desiderata; il segnale di clock viene gestito internamente per fornire due valori diversi relativi rispettivamente alla velocità di trasmissione dei dati e alla velocità di ricezione degli stessi.

Se però il segnale di clock uscente dal terminale BAUDOUT dell'8250 viene reintrodotto come segnale di ricezione sull'ingresso RCLK, le velocità di trasmissione e di ricezione diventano uguali.

La porta parallela

Una delle interfacce più importanti e insostituibili per la comunicazione tra il PC e determinate periferiche, quali stampanti, elaboratori di dati, ecc., è la porta parallela, costituita da una scheda che viene installata in uno slot di espansione del computer. Questa è dotata di un connettore a

pettine attraverso il quale riceve i blocchi dati da otto bit che sono presenti sullo slot di espansione. Le interfacce parallele sono disponibili su schede a otto bit, per cui possono essere montate sia sui vecchi XT che sui più moderni AT486.

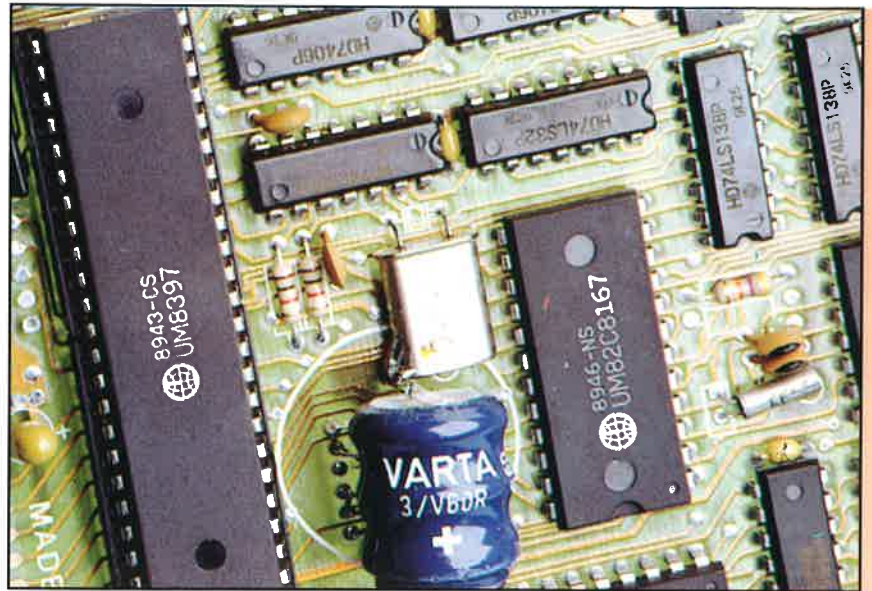
La porta parallela è anche conosciuta con il nome di *porta per stampante*, in quanto viene normalmente utilizzata per il collegamento a questo tipo di periferiche.

La comunicazione tra la porta parallela e le periferiche avviene in un solo senso, dal PC alla periferica (stampante, plotter, ecc.).

I dati vengono inviati verso la porta parallela in gruppi di otto bit per volta, controllati da un clock e da alcune linee di protocollo di interfaccia che forniscono un sincronismo perfetto tra il computer e la periferica, evitando quindi comunicazioni non corrette o interferenze nel collegamento.

La scheda di comunicazione parallela è dotata di un connettore tipo DB-25, a venticinque terminali, le cui funzioni sono definite con precisione da uno standard internazionale, in modo da evitare qualsiasi incompatibilità con le porte parallele destinate alla ricezione dei dati.

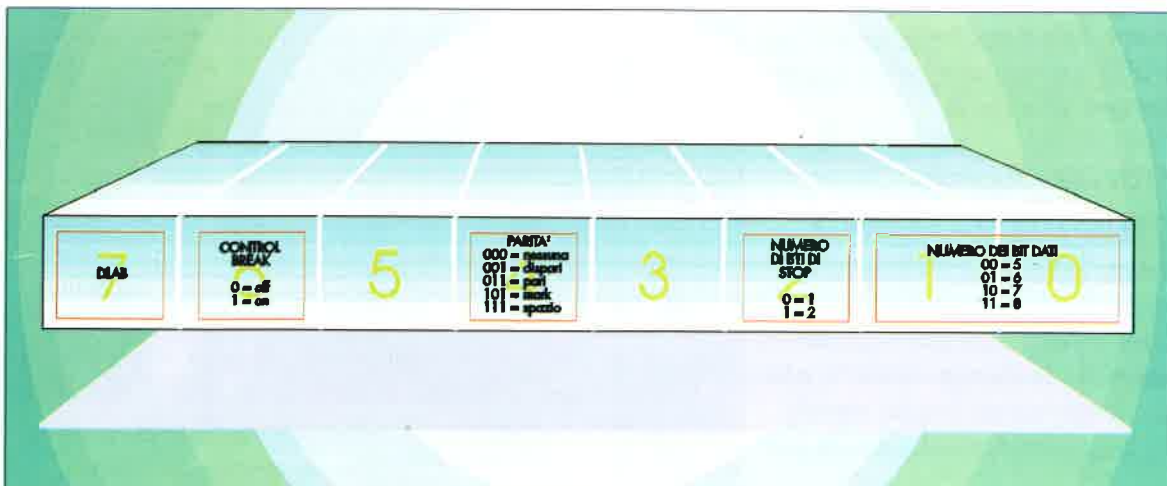
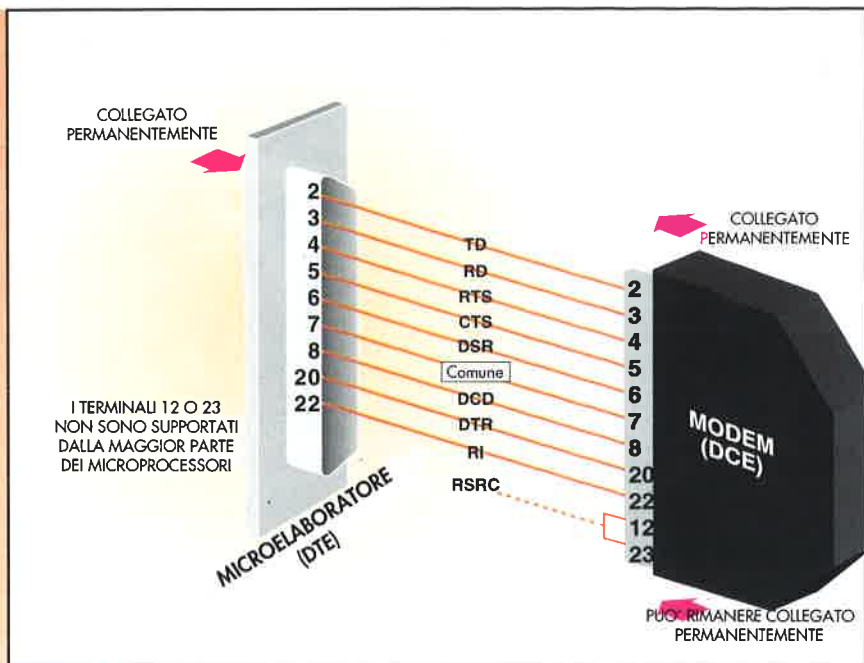
Un PC, sia un XT che un AT nelle sue diverse versioni, che opera con il sistema operativo DOS può supportare solo un numero determinato di porte parallele, e più precisamente 3, che vengono indicate con la notazione internazionale LPTx:

- LPT1,
- LPT2,
- LPT3.

Oscillatore al quarzo utilizzato per generare il ritmo di lavoro della porta di comunicazione

I modelli di interfacce parallele presenti in commercio sono molteplici; alcuni di questi prevedono solamente la funzione di porta parallela, mentre altri hanno la possibilità di gestire anche interfacce diverse.

Infatti, come le porte seriali, anche le porte parallele possono essere integrate in schede multifunzioni, oppure abbinate alla scheda grafica (anche se questa soluzione era legata ai primi modelli di schede video CGA ed HERCULES).

Le interfacce multifunzioni comprendono la porta parallela, le porte seriali, la porta games, il controller per i disk drive e gli hard disk, e consentono di ridurre il numero di slot occupati sulla scheda madre per svolgere queste funzioni.

Formato dei dati del registro dell'UART 8250

Le schede di comunicazione parallele sono dotate di un connettore di uscita DB-25

Schema tipico di collegamento tra la porta seriale di un PC (DTE) e un modem (DCE)

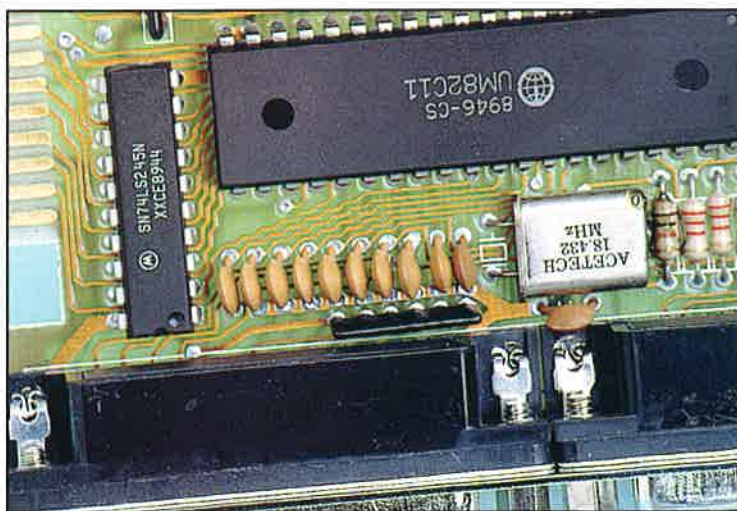
Impiego di diverse porte parallele

A volte può essere richiesto l'utilizzo di più porte parallele in modo contemporaneo, ad esempio quando si usano più stampanti oppure una stampante ed un plotter.
In questi casi può capitare che le porte parallele, presenti nell'elaboratore su schede diverse (ad esempio una sulla scheda grafica ed un'altra su di una scheda multifunzione), siano configurate allo stesso indirizzo. Ciò crea un conflitto nel microprocessore, che provoca il riconoscimento di una sola delle due. Per ottenere il riconoscimento di entrambe è necessario riconfigurare l'indirizzamento di una delle due schede, come LPT2 o LPT3, tramite i ponticelli o jumper presenti sulle stesse.

A volte può rendersi necessario l'impiego di più porte parallele, come ad esempio quando si utilizzano una stampante e un plotter contemporaneamente

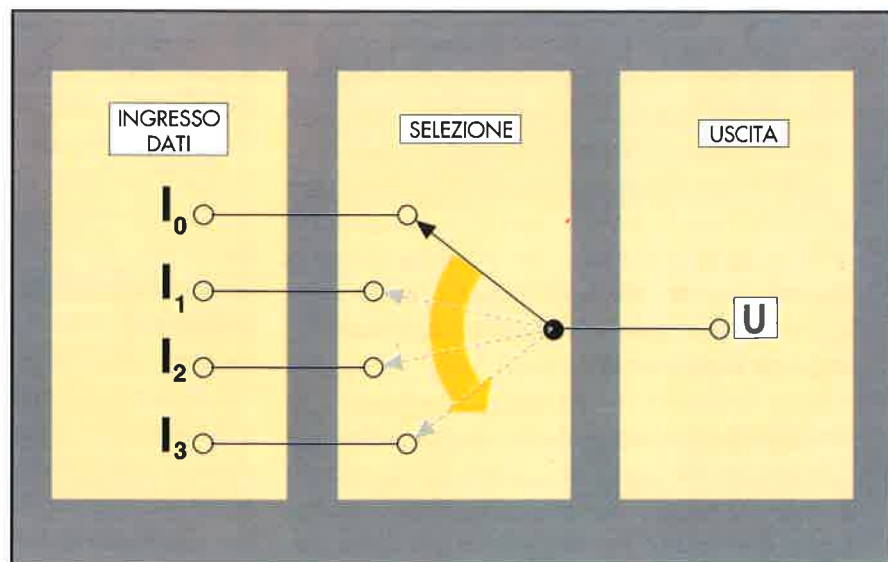
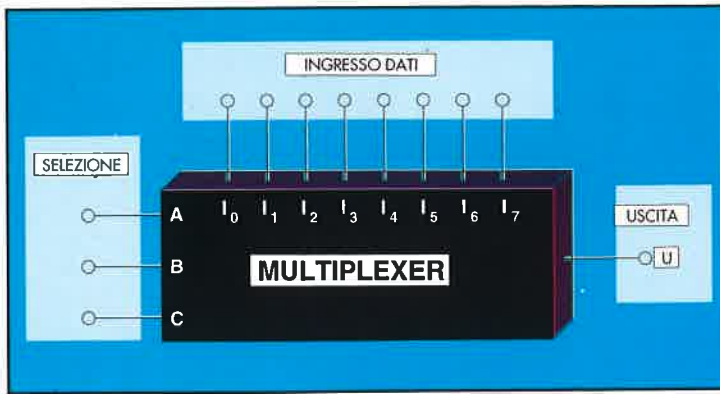
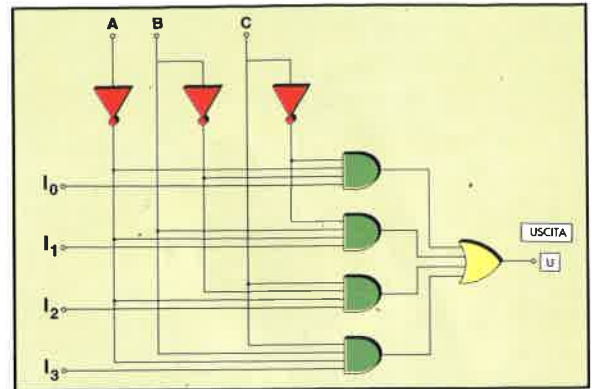
Distanza massima consentita tra la porta parallela e la periferica

La trasmissione dei dati in parallelo esige che la distanza tra il PC e la periferica non sia troppo elevata. La lunghezza tipica di un cavo per il collegamento di tipo parallelo è di circa due metri, anche se si possono raggiungere lunghezze fino a dieci metri. Questa limitazione è dovuta a problemi di costo delle linee e di rumore; per contro, la trasmissione parallela risulta molto più veloce della trasmissione seriale. Se si desidera realizzare un collegamento di lunghezza superiore, è necessario eseguire un potenziamento della linea tramite dei dispositivi che amplificano i segnali; solo in questo modo si può essere certi che i dati giungano a destinazione con i livelli opportuni e che la trasmissione avvenga correttamente.
Anche queste porte richiedono un tipo di gestione logica in grado di controllare alcune funzioni fondamentali, quali il tempo di trasferimento dei dati, l'adattamento di velocità, e le modalità di trasferimento. Questi parametri sono estremamente importanti in una comunicazione parallela, poiché permettono all'interfaccia di tener conto del tempo richiesto dalla periferica per leggere i dati immagazzinati nel buffer, e lo gestiscono adattando la velocità di trasmissione in modo che il processore durante queste operazioni non debba interrompere tutte le sue attività.
Anche se generalmente il trasferimento parallelo dei dati è di tipo sincrono, queste interfacce permettono in alcuni casi anche il trasferimento asincrono di singoli bit, alcuni in uscita ed altri in ingresso. Questo tipo di funzionamento può risultare utile per acquisire lo stato di interruttori o per comandare sistemi on/off.

Condensatori di filtro per l'uscita parallela

I MULTIPLEXER

In questo capitolo verranno descritti alcuni circuiti combinatori utilizzati per il trasferimento delle informazioni; in particolare, verrà esaminato il modo in cui possono essere gestiti i diversi segnali binari presenti in una rete digitale.

I multiplexer sono circuiti combinatori il cui compito è quello di trasferire all'uscita, convogliandoli su di un'unica linea, i dati digitali presenti ai suoi ingressi; la selezione del dato che deve essere trasferito avviene tramite segnali di controllo e selezione indicati genericamente con il nome di *data select*.
La selezione dell'ingresso prescelto viene determinata dalla combinazione degli zero (0) e degli uno (1) logici presenti sugli ingressi di controllo. Il numero di terminali destinati ai segnali di controllo corrisponde al valore della potenza che bisogna assegnare alla base 2 per ottenere il numero degli ingressi per i dati. Ad esempio, un multiplexer con otto ingressi dati ha bisogno di tre ingressi per i segnali di controllo, poiché $8 = 2^3$.
Si può dire che la funzione di un multiplexer è quella di eseguire una selezione tra un certo numero di linee di ingresso per abilitare la trasmissione del dato presente sulla linea prescelta verso un unico canale di uscita: pertanto, come si può vedere nello schema riportato nella figura corrispondente, un multiplexer equivale praticamente ad un commutatore con diversi ingressi e una sola uscita.
La realizzazione di un multiplexer si ottiene sfruttando gli stessi metodi utilizzati per i sistemi

Un multiplexer può essere paragonato ad un commutatore con diverse posizioni, nel quale l'uscita corrisponde al segnale selezionato all'ingresso

All'interno del multiplexer sono presenti tre categorie di segnali: i dati di ingresso, gli ingressi di controllo e l'uscita

Multiplexer a 16 combinazioni di ingressi, con strobe e quattro ingressi di controllo

combinatori esaminati in precedenza.

Di seguito verrà esaminato come esempio un multiplexer a quattro ingressi ed una uscita che, per quanto già detto, deve avere due ingressi di controllo.

La sua tabella della verità indica chiaramente come uno dei quattro possibili ingressi dei dati venga trasmesso in uscita in funzione della combinazione presente sugli ingressi di controllo.

CONTROLLO		INGRESSO DATI				USCITA
A	B	I0	I1	I2	I3	U
0	0	0	X	X	X	0
0	0	1	X	X	X	1
0	1	X	0	X	X	0
0	1	X	1	X	X	1
1	0	X	X	0	X	0
1	0	X	X	1	X	1
1	1	X	X	X	0	0
1	1	X	X	X	1	1

Volendo ricavare da questa tabella l'equazione booleana che definisce l'uscita, si ottiene la seguente espressione:

U = (/A * /B * I0) + (/A * B * I1) + (A * /B * I2) + (A * B * I3)

Con questa equazione si può progettare il circuito logico opportuno, che può essere realizzato sia con porte logiche miste che con solo porte NAND.

Quasi tutti i dispositivi integrati presenti in commercio prevedono, oltre ai segnali di controllo precedentemente descritti, un altro segnale indicato con *strobe* o *enable* per il controllo dell'uscita, che serve per abilitarla nel momento desiderato.

TIPI DI MULTIPLEXER

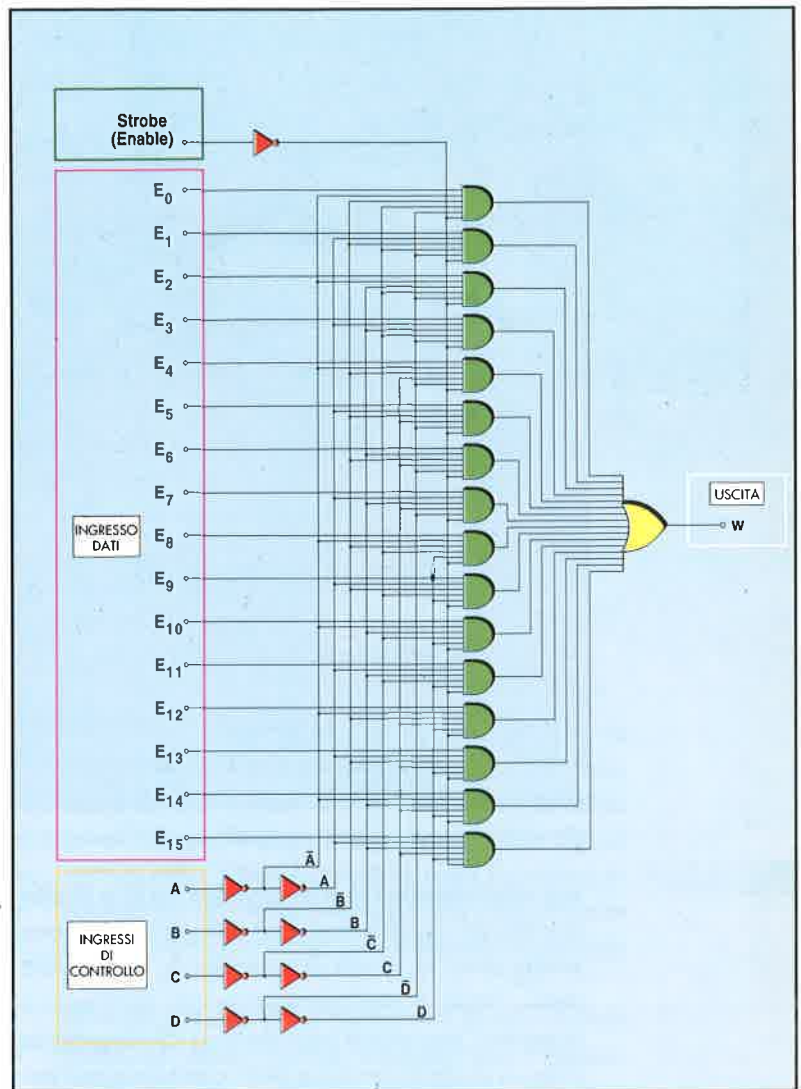
Tra i numerosi tipi di multiplexer disponibili in commercio, vale la pena di segnalarne alcuni per il notevole impiego a cui sono soggetti nel campo digitale, ed in particolare nei circuiti utilizzati per i personal computer:

- *multiplexer a 8 ingressi,*
- *multiplexer a 16 ingressi,*
- *doppio multiplexer a 4 ingressi.*

I dispositivi appartenenti alla prima categoria possono essere ancora suddivisi in due sottogruppi che comprendono i circuiti con ingresso di strobe e quelli senza ingresso di strobe. La tecnologia utilizzata per la costruzione di questi circuiti è la TTL ad alta integrazione, e la potenza che dissipano è di circa 150 mW. Il tempo di ritardo tipico è di circa 25 nanosecondi, con un valore di fan-out pari a 10.

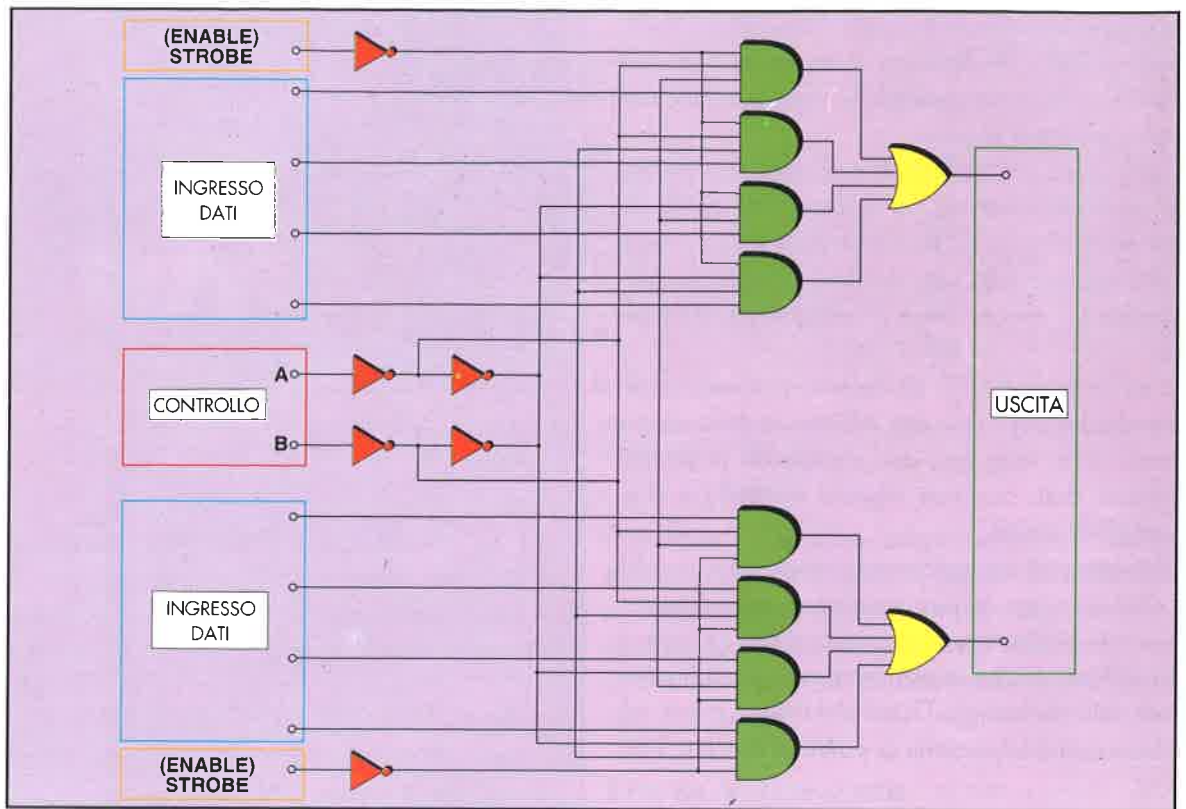
Generalmente questi circuiti sono dotati sia dell'uscita principale che di quella complementare o negata.

I multiplexer appartenenti alla seconda categoria si differenziano dai primi solo per il numero degli ingressi, che è il doppio. Anche in questo caso esiste una sola uscita principale e la sua negata, che permette di ricavare in uscita il dato di ingresso complementato.

La potenza dissipata da questi ultimi dispositivi è di circa 200 mW. Il tempo di ritardo ed il fan-out hanno valori praticamente identici a quelli dei multiplexer a 8 ingressi.
Nella figura corrispondente è riportato lo schema di un multiplexer a 16 ingressi nel quale la presenza di un 1 sul terminale di strobe provoca l'abilitazione dell'uscita del dato di ingresso selezionato per mezzo dei quattro ingressi di controllo.
La terza categoria di multiplexer proposta comprende dei dispositivi che, all'interno dello stesso contenitore, integrano due multiplexer a quattro ingressi dati, con due ingressi controllo e due segnali di strobe.
Gli ingressi di controllo sono comuni ad entrambi i circuiti, come si può osservare nello schema riportato nella figura corrispondente. Come i precedenti, anche questi vengono generalmente costruiti in tecnologia TTL ad alta integrazione, ed hanno una dissipazione di potenza di circa 180 mW.
Utilizzando in modo opportuno questi tre tipi di multiplexer è possibile realizzare sistemi multiplexer di ordine superiore, vale a dire con un maggior numero di ingressi. Per ottenere quest'ultima categoria di dispositivi è sufficiente combinare adeguatamente un certo numero di multiplexer a quattro, otto oppure quattro+quattro ingressi secondo uno schema di collegamento circuitale che dipende esclusivamente dal tipo di funzione che devono svolgere.

Multiplexer a 16 ingressi e quattro segnali di controllo

In questo caso però bisogna considerare che ogni stadio provoca un ritardo di propagazione, per cui il tempo di ritardo totale del circuito sarà dato dalla somma dei ritardi parziali di ogni stadio.
Per descrivere il funzionamento di un multiplexer di ordine superiore verrà di seguito analizzato, a titolo di esempio, il dispositivo a 32 ingressi schematizzato nella figura corrispondente.
In questo caso sono stati utilizzati quattro multiplexer a 8 ingressi e un multiplexer a quattro ingressi, collegati in modo che le uscite dei quattro multiplexer ad otto bit vengano selezionate dal multiplexer a quattro bit per fornire un solo valore di uscita.

Multiplexer a 32 ingressi realizzato con 4 multiplexer ad 8 ingressi e uno a 4 ingressi

Il primo multiplexer a 8 ingressi trasferisce

Doppio multiplexer a quattro ingressi, nel quale i segnali di controllo sono comuni

sequenzialmente i dati di ingresso da I0 a I7 alla sua linea di uscita in funzione della combinazione presente sui terminali di controllo A, B e C. Allo stesso modo, il secondo multiplexer, anch'esso a 8 ingressi, trasferisce i dati da I8 a I15 alla propria linea di uscita in funzione della combinazione dei segnali di controllo.

Schema di collegamento di un integrato che contiene un multiplexer ad 8 ingressi con segnale di strobe

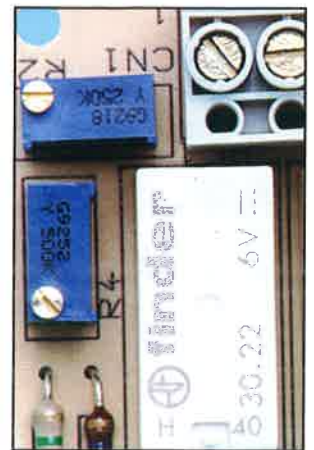
Gli ingressi di controllo sono collegati tra di loro e perciò comuni a tutti i multiplexer; in questo modo, quando ad esempio compare sulla linea di uscita del primo multiplexer I1, sull'uscita del secondo è presente I9, su quella del terzo I17 e sull'ultima I25.

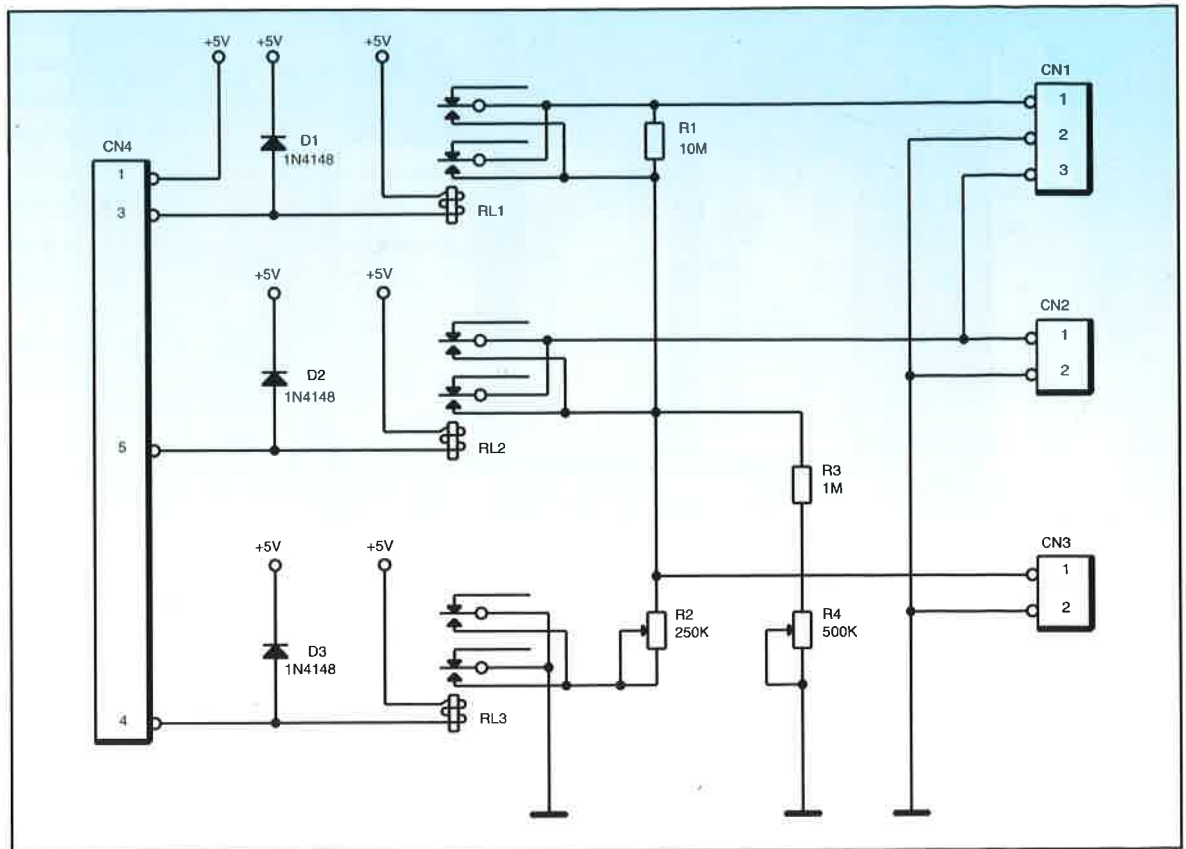
Se si desidera ottenere una sola uscita dal sistema, corrispondente ad una qualsiasi delle linee indicate in precedenza, è necessario utilizzare un multiplexer a quattro ingressi che selezioni la linea desiderata.

Per avere in uscita la linea I1 ad esempio, bisogna applicare ai segnali di controllo dell'ultimo multiplexer a quattro ingressi la combinazione 00.

Infine, è doveroso segnalare che i multiplexer, oltre che per la selezione dei dati, vengono utilizzati anche per altre applicazioni di particolare interesse:

- *la conversione parallelo-seriale*. Questa funzione è richiesta, ad esempio, quando si deve inviare l'uscita parallela di un computer verso un terminale remoto tramite una linea di trasmissione seriale,
- *la generazione di funzioni per la logica combinatoria*.

COMMUTATORE DI SCALA PER IL VOLTMETRO

Con questo semplice e piccolo circuito è possibile convertire il semplice voltmetro proposto nel precedente capitolo in un potente strumento in grado di eseguire misure di tensione sino a 400 V e misure di corrente sino a 4 ampere.

Nel capitolo precedente è stato presentato un semplice ma molto preciso convertitore Analogico/Digitale montato in configurazione da voltmetro. Anche se come circuito è di per se abbastanza interessante, potrebbe non essere sufficiente avere a disposizione un voltmetro con una risoluzione di 1 mV in grado di misurare tensioni sino a un valore massimo di quattro volt (in realtà 4,095 V). Qualsiasi hobbista di questo settore sa che i valori tradizionali

Schema elettrico del circuito che consente fornire al voltmetro diverse scale di misura di tensione e di corrente

di misura sono normalmente superiori a questa soglia. Per superare questo ostacolo si è pensato al circuito che viene descritto di seguito. La scheda proposta consente di riconfigurare il circuito precedente, convertendolo in un voltmetro multiscala e in un amperometro.

Con questa variante il voltmetro è in grado di misurare valori di tensione fino a circa 400 V, che rappresenta un margine di tensione sufficientemente ampio da soddisfare quasi tutte le esigenze di chiunque desideri sfruttare i vantaggi che derivano dall'avere a disposizione uno strumento di precisione controllato dal PC.

Con questa scheda aggiuntiva il voltmetro è in grado di misurare fino a 400 volt, un range di tensione sufficientemente ampio per le esigenze della maggior parte degli hobbisti

IL CIRCUITO

Il funzionamento del circuito è molto semplice, in quanto è composto principalmente da tre relè, collegati ai rispettivi divisori di tensione, che permettono la selezione delle diverse scale: da 0 a ± 4 V, da 0 a ± 40 V, da 0 a ± 400 V e da 0 a ± 4 A. Quando si selezionano i quattro volt di fondo scala, il segnale misurato attraversa la scheda senza subire alcun tipo di modifica, relativamente al suo livello di tensione, per cui arriva al convertitore esattamente lo stesso valore di tensione presente all'ingresso del circuito. Viceversa, selezionando il fondo scala a quaranta volt il segnale di ingresso deve essere convertito in una tensione di uscita proporzionalmente ridotta fino ad un valore massimo di quattro volt. Questa conversione si ottiene semplicemente inserendo tra l'ingresso e l'uscita un divisore di tensione con un rapporto 10:1.

Il principio di funzionamento del divisore è molto semplice, e corrisponde al funzionamento del partitore di tensione passivo; se si considerano due resistenze in serie tra di loro, ai capi della quali viene applicata una tensione di valore noto, questa si ripartisce tra le due resistenze in modo proporzionale al valore delle stesse. Per conoscere il valore della caduta di tensione sulle due resistenze, e perciò il livello di ripartizione della tensione sulle stesse, è sufficiente applicare la legge di Ohm ed eseguire qualche calcolo sfruttando alcune regole matematiche fondamentali. Si ricorda che la legge di Ohm dice che in un partitore resistivo la caduta di tensione è pari al

prodotto del valore nominale di una resistenza per la corrente che circola in essa. Analizzando in modo analitico questa espressione è possibile calcolare il valore di uno dei tre parametri conoscendo gli altri due.
Poiché le resistenze sono in serie tra di loro la corrente che circola in entrambe è la stessa, per cui la loro caduta di tensione è data dalle seguenti equazioni:

$$V1 = R1 \times I$$

$$V2 = R2 \times I$$

Analogamente, si può dire che la tensione V applicata ai capi del partitore è pari alla somma delle cadute di tensione sulle due resistenze:

$$V = V1 + V2$$

Quello che si desidera ottenere da questo circuito è che una delle due tensioni sia dieci volte inferiore alla tensione totale applicata.
Se si suppone che questa tensione sia V2, si può quindi dire che:

$$V2 = V / 10$$

che può essere scritto anche come

$$V = 10 \times V2$$

Sostituendo V nell'equazione precedente, si ha:

$$10 \times V2 = V1 + V2$$

che corrisponde a

$$9 \times V2 = V1$$

Se in questa equazione si sostituiscono i valori di V1 e V2 si ottiene che:

$$9 \times R2 \times I = R1 \times I$$

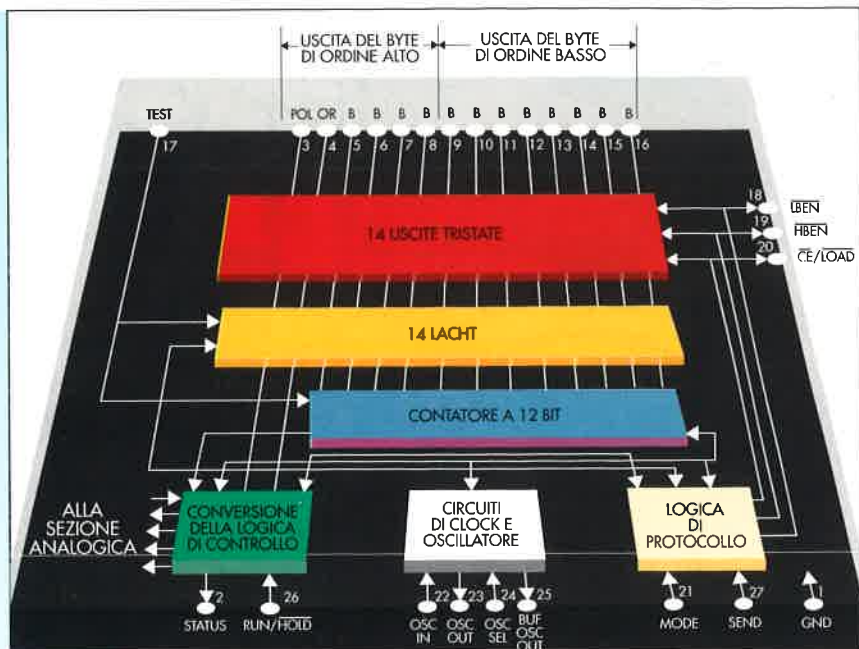
In questa figura si possono notare tutte le schede utilizzate per il funzionamento del circuito, con i diversi cavi di collegamento. Sono anche indicati i terminali ai quali devono essere collegati i puntali di misura

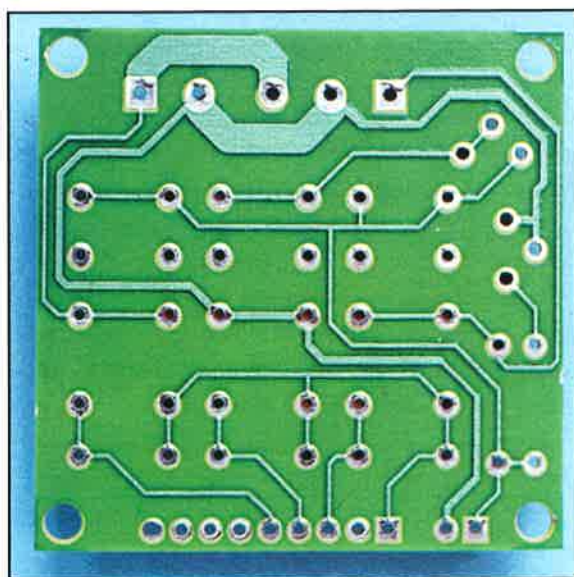
Il numero di componenti necessari per realizzare il commutatore di scala è molto contenuto

A questo punto non resta che eliminare la corrente, in quanto presente in entrambi i membri dell'uguaglianza, in modo da ottenere il rapporto richiesto tra le due resistenze del divisore di tensione. Di conseguenza, al termine delle semplificazioni matematiche si ottiene che:

$R1 = 9 \times R2$ oppure $R2 = R1 / 9$

Con questo semplice metodo di applicazione della legge di Ohm si possono ricavare i valori delle resistenze che si devono utilizzare per realizzare il divisore.
Non resta che scegliere il valore di una delle due resistenze e, partendo da quello, calcolare il valore dell'altra. Nel caso in esame, per ottenere un fondo scala di 40 V si è scelto per R1 il valore di 10 MΩ; di conseguenza, l'altro elemento del divisore deve essere realizzato con una resistenza da 1,111111 MΩ. Come si può facilmente verificare, questo valore non è disponibile in commercio; per ottenerlo esattamente bisogna far ricorso ad un piccolo trucco. Il valore richiesto si ottiene utilizzando una resistenza da 1 MΩ in serie ad un potenziometro multigiri da 500 kΩ; regolando opportunamente questo potenziometro si può conseguire l'esatto valore di resistenza.
Per eseguire questa regolazione non è necessario avere a disposizione un ohmmetro o un tester; l'operazione di taratura è molto più semplice di quanto si possa immaginare, e viene eseguita

Si rammenta che la legge di Ohm dice che la tensione è pari al prodotto della resistenza per la corrente che la attraversa

Lo schema a blocchi del funzionamento interno del convertitore A/D può aiutare a comprendere con maggior semplicità il funzionamento del circuito del voltmetro

direttamente con il programma di controllo del voltmetro che sarà oggetto del prossimo capitolo. Per ottenere un fondo scala di 400 V si deve seguire lo stesso procedimento; è però necessario modificare il rapporto di divisione, che in questo caso è di 100:1. I componenti utilizzati per ottenere questo rapporto di scala sono costituiti dalla stessa resistenza da 10 MΩ vista in precedenza per uno dei rami del divisore, e da un potenziometro multigiri da 250 kΩ per l'altro ramo. Anche la regolazione di quest'ultimo potenziometro è semplice e simile alla precedente. A questo punto non resta che cercare di capire come sia possibile misurare la corrente con un voltmetro. Il principio è molto semplice; infatti, se si fa circolare una corrente attraverso una resistenza, su questa si genera una caduta di tensione che è proporzionale al valore nominale della resistenza stessa e alla corrente che la attraversa. Poiché il valore della resistenza è noto, e la caduta di tensione viene misurata direttamente dal voltmetro, applicando la legge di Ohm risulta immediato ricavare il valore della corrente in funzione di questi due parametri. Per rendere i calcoli più semplici si è utilizzata una resistenza da 1 Ω. Come già detto, una corrente di 1 ampere che attraversa una resistenza di 1 Ω provoca una caduta di tensione sulla stessa pari ad 1 V.

Analiticamente questa relazione può essere espressa dall'equazione: $V = R \times I$

Si può quindi facilmente dedurre che utilizzando una resistenza con valore nominale di 1 Ω si ottiene un valore di corrente corrispondente a quello della tensione applicata, per cui è possibile leggere il valore della corrente direttamente nella scala dei volt.

Dopo questa descrizione del funzionamento del circuito e delle leggi che sfrutta dovrebbe già essere sufficientemente chiaro il modo in cui vengono misurati i diversi intervalli di tensione o di corrente; può capitare però che qualche lettore abbia il desiderio di conoscere più dettagliatamente il sistema utilizzato per il collegamento dei diversi divisori di tensione per la commutazione delle scale di misura al voltmetro presentato nel capitolo precedente. L'interconnessione tra i due dispositivi si ottiene mediante tre relè, che commutano opportunamente le resistenze del divisore per ottenere il rapporto di divisione necessario per una determinata misura.

Osservando lo schema riportato in figura, si può notare che sono presenti due ingressi: uno per la tensione sul terminale 1 di CN1, ed un secondo per la corrente sul terminale 3 di CN1. Il terminale 2 dello stesso connettore rappresenta la massa di riferimento, e contemporaneamente il punto di collegamento comune della sonda di misura.

Tra le piste del circuito stampato se ne possono notare due particolarmente spesse. Sono infatti quelle che collegano la resistenza esterna nella quale circola la corrente che si deve misurare

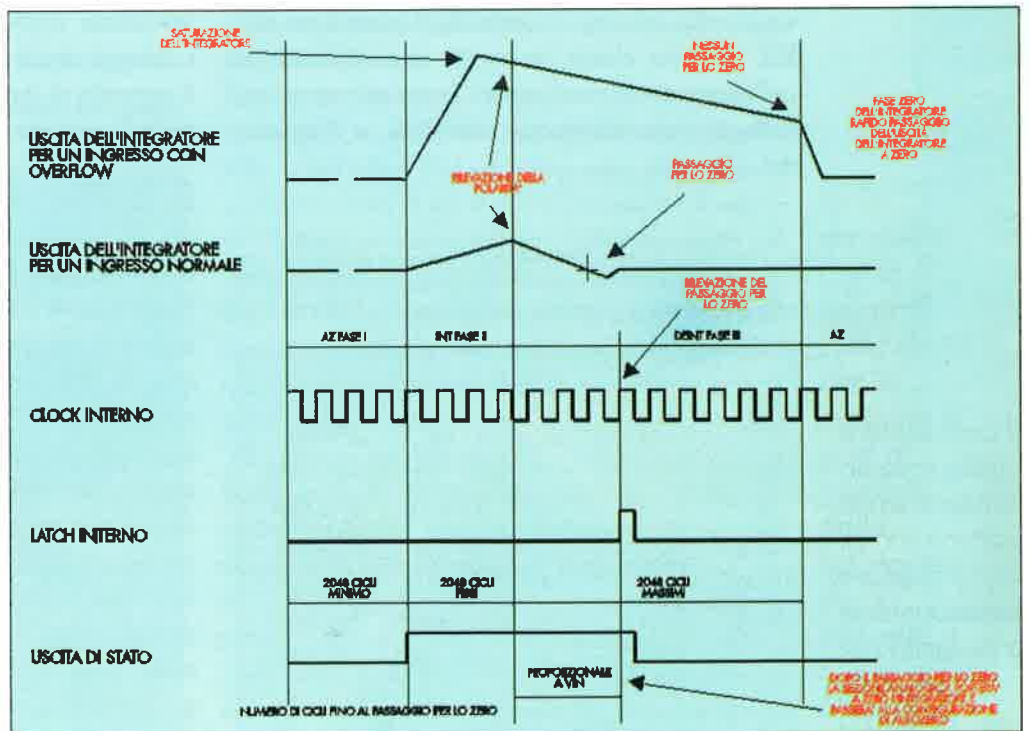
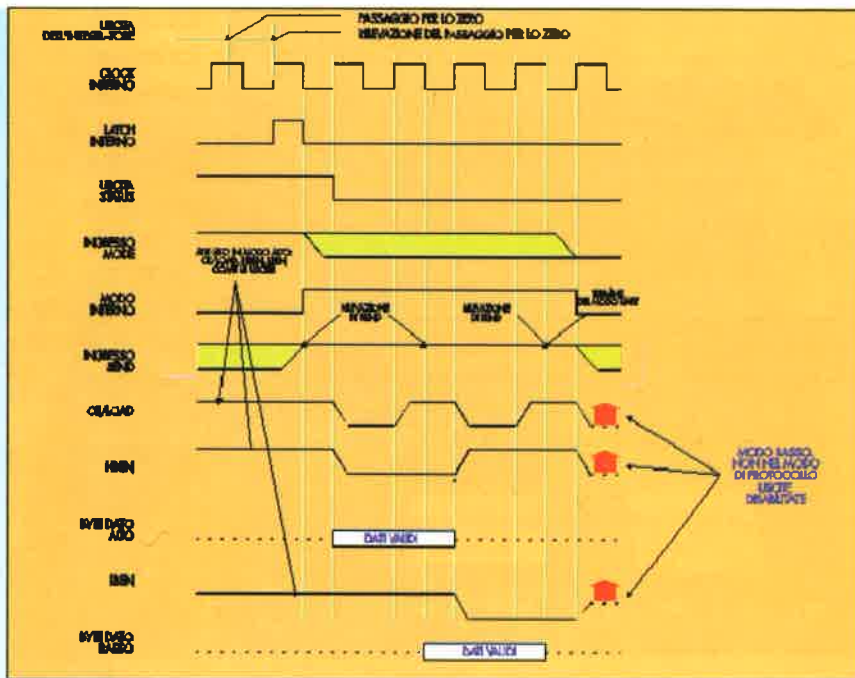
La resistenza da 1 Ω permette di eguagliare le letture di tensione a quelle di corrente, in modo che queste ultime possano essere direttamente misurate sulla scala delle tensioni

In questa figura è possibile osservare il valore assunto dai diversi terminali di controllo del convertitore, in funzione della fase del processo di conversione che si sta esaminando

R3 e R4 formano i rami del divisore di tensione, e il fatto che risultino sempre direttamente collegati non comporta alcun problema

Seguendo il percorso che va dall'ingresso per la tensione di CN1 verso l'uscita corrispondente, posta su CN3, si incontra la resistenza R1 da 10 MΩ, con i contatti del relè RL1 collegati in parallelo. Quando i contatti del relè si chiudono la resistenza viene cortocircuitata, per cui l'ingresso risulta collegato direttamente all'uscita. Viceversa, quando i contatti del relè sono aperti la resistenza non viene cortocircuitata e il suo valore influisce sul rilevamento della misura. Inoltre è possibile vedere che in parallelo a questa uscita è direttamente collegata la serie resistiva composta da R3 ed R4, corrispondenti rispettivamente alla resistenza da 1 MΩ e al potenziometro multigiri da 500 kΩ. Questi due componenti formano uno dei rami dei divisore di tensione, e non comportano alcun problema anche se risultano sempre inseriti. Quando R1 è cortocircuitata uno dei rami del divisore scompare, per cui non esiste alcun rapporto di divisione; quando invece questa resistenza non è cortocircuitata, il divisore di tensione si comporta in modo equilibrato fornendo il fondo scala a 40 V.

Per fornire un fondo scala di 400 V intervengono la resistenza citata in precedenza R1, i relè RL1 e RL3, e il potenziometro multigiri R2. Per ottenere il valore indicato i contatti del relè RL1 devono essere aperti, in modo che la resistenza R1 non risulti cortocircuitata; inoltre, il relè R3 deve essere eccitato per collegare R2 a massa, in modo che il ramo del divisore risulti composto da R1 e dal potenziometro R2. In questo caso si può verificare che si forma un parallelo tra la resistenza R2 e la serie formata da R3 e R4. Questa situazione non comporta alcun problema, poiché il valore di R2 è molto inferiore rispetto al valore della serie citata; sfruttando le leggi di Ohm si può facilmente

Quando si conclude la fase di integrazione relativa ad una lettura, viene eseguita la registrazione dei dati per poter abilitare la lettura successiva, e l'uscita STATUS commuta a livello basso per indicare che i dati sono disponibili

L'accesso ai dati può essere effettuato anche con due letture successive, selezionando opportunamente i terminali di controllo in modo che durante la lettura di una parte degli stessi gli altri permangano in uno stato di alta impedenza

calcolare che il valore totale è leggermente inferiore a quello nominale di R2. Volendo esaminare il funzionamento del dispositivo come amperometro per la misura delle correnti, è necessario inserire in parallelo all'ingresso del voltmetro una resistenza da 1 Ω collegata in modo che la corrente da misurare la possa attraversare. Per ottenere questa condizione è necessario che i contatti del relè RL2 risultino chiusi, in modo che si formi un collegamento in parallelo tra la resistenza stessa, collegata al connettore a vite CN2, e l'ingresso del voltmetro.

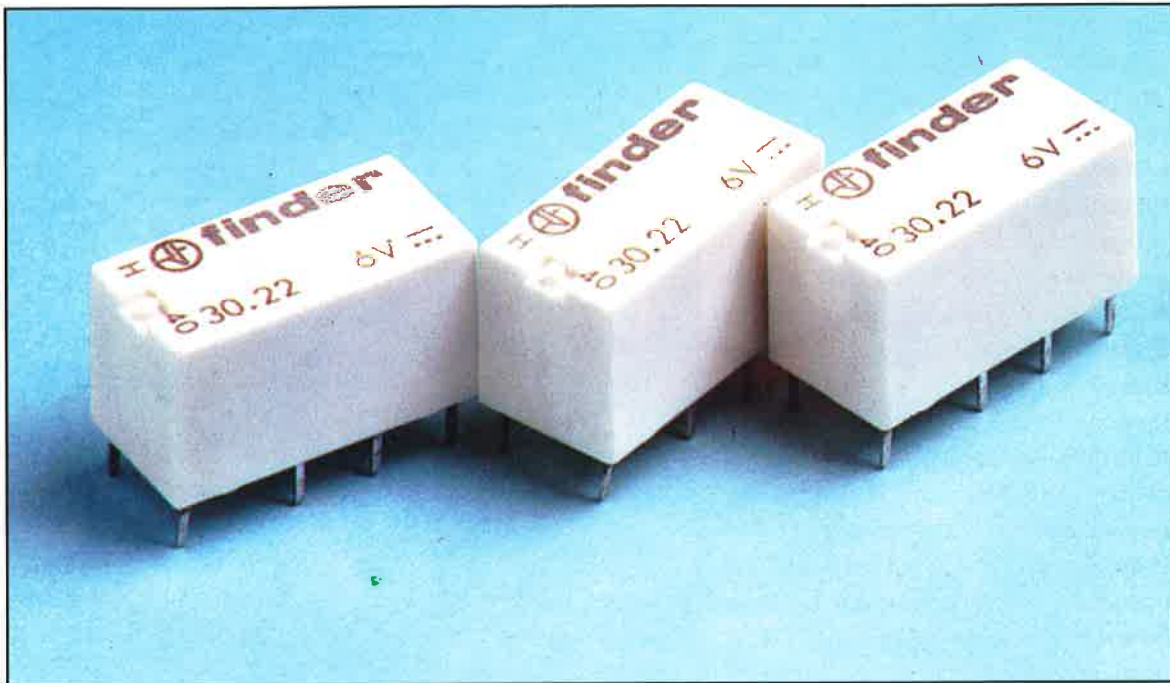
In questa tabella è possibile osservare la logica di controllo per la gestione del terzo stato ad alta impedenza sull'uscita dati, che permette il loro collegamento ad un bus comune ad 8 bit

CE/LOAD	LBEN	HBEN	B1-B8	B9-B12 POL,OR
1	X	X	ALTA-IMP	ALTA-IMP
0	1	1	ALTA-IMP	ALTA-IMP
0	0	1	USC-DATI	ALTA-IMP
0	1	0	ALTA-IMP	USC-DATI
0	0	0	USC-DATI	USC-DATI

Il convertitore utilizzato ha l'interessante caratteristica di rilevare automaticamente la polarità del segnale misurato

Tutto quanto detto finora è servito per descrivere al lettore il modo con il quale si sono potute ottenere le diverse scale di misura con il nuovo circuito di selezione proposto. Di seguito verrà analizzato il funzionamento globale del voltamperometro, ed in particolare il sistema utilizzato per modificare la condizione dei relè in funzione delle diverse esigenze di misura. Osservando attentamente lo schema, si può notare che questi hanno tutti un capo della bobina collegato alla tensione di +5 V e l'altro estremo al connettore CN4. Per ottenere l'eccitazione di un relè è sufficiente collegare dall'esterno un riferimento di massa al corrispondente terminale del connettore CN4, mentre per ottenere la sua diseccitazione bisogna interrompere questo riferimento. Per conseguire il controllo di queste masse si sfrutta la scheda di I/O presentata nei capitoli precedenti e già più volte utilizzata sia per il circuito del voltmetro stesso che per altre realizzazioni proposte con questa collezione. Questa scheda è dotata di otto uscite controllate e amplificate per mezzo di transistor, che possono essere collegate direttamente a qualsiasi relè. In effetti però, i terminali del connettore CN4 non vengono collegati direttamente alla scheda di I/O, ma al connettore CN3 del circuito del voltmetro, che a sua volta è collegato alla scheda di I/O. Questa soluzione è stata studiata per semplificare il cablaggio tra le diverse schede che compongono il sistema, il cui collegamento è schematizzato nella figura corrispondente.

IL CONVERTITORE

Il convertitore presentato in queste pagine ha l'interessante caratteristica di rilevare direttamente la polarità del segnale applicato, in modo tale che anche se i puntali di misura vengono erroneamente invertiti il valore rilevato è sempre quello esatto, ma con segno contrario. Questa caratteristica è comune a tutti i voltmetri digitali attualmente in commercio, ma il lettore che ha avuto occasione di operare con i vecchi voltmetri analogici apprezzerà certamente questo vantaggio. In quei vecchi modelli infatti, il semplice fatto di invertire i puntali può provocare il danneggiamento del galvanometro dell'indice, che costituisce la parte

Questi tre relè giocano un ruolo molto importante nel funzionamento del circuito e, anche se la loro tensione nominale è di 6 V, funzionano perfettamente anche a 5 V

Un'altra particolarità del circuito è costituita dal terminale di overflow, che commuta a livello logico alto quando il segnale di ingresso supera il valore prestabilito

più costosa e più difficile da riparare dell'intero strumento. La funzione di rilevazione automatica della polarità è possibile in quanto l'integrato ICL7109 è dotato di un terminale specifico che indica se la misura eseguita si trova al di sopra o al di sotto del riferimento di massa; ciò permette all'utente di non preoccuparsi della posizione dei puntali quando deve eseguire una misura. Un'altra particolarità di questo integrato è costituita dal terminale di overflow, che commuta a livello alto quando il segnale di ingresso supera il valore preimpostato con la regolazione della tensione di riferimento. In questo caso il convertitore fornisce un valore di uscita fisso, corrispondente al valore massimo che può raggiungere di 4,095.

Il processo di conversione inizia quando l'ingresso di *RUN/HOLD* commuta a livello logico alto. A partire da questo momento, e per un intervallo pari a 7 cicli di clock, inizia il processo di integrazione del convertitore. Al termine di questa operazione si innesca il latch interno del circuito, che permette l'immagazzinamento dell'informazione ottenuta nelle memorie temporali per poterla utilizzare al momento opportuno. Nel processo interviene anche un altro segnale importante, che consente di conoscere lo stato in cui si trova il circuito: si tratta del segnale *STATUS*, che commuta a livello alto quando inizia il processo di integrazione e ritorna al livello 0 dopo che l'informazione è stata memorizzata; questo segnale può essere utilizzato per sapere quando è possibile leggere l'informazione contenuta nel convertitore. Questa informazione, relativa al protocollo, è perfettamente illustrata nelle figure corrispondenti.

MONTAGGIO

Il cablaggio della scheda è piuttosto semplice, poiché i componenti da montare sono relativamente pochi; non per questo si devono però trascurare alcune procedure fondamentali necessarie per la realizzazione di qualsiasi circuito. In questa scheda, a differenza del voltmetro precedente, non bisogna eseguire la saldatura dei componenti su entrambe le facce dello stampato, perché il circuito in questione non è a doppia faccia; ciò rende molto più facile il montaggio dei componenti. Come sempre si inizia dalle resistenze, che in questo caso sono solamente due, e dai potenziometri multigiri. Di seguito si devono montare i diodi, prestando particolare attenzione alla loro polarità; questa può essere stabilita facendo riferimento alla serigrafia presente sullo stampato; il catodo del diodo (striscia nera disegnata sul corpo del componente) deve coincidere con la linea di riferimento della serigrafia.

Elenco componenti

Resistenze

R1 = 10 MΩ

R2 = 250 kΩ, potenziometro

R3 = 1 MΩ

R4 = 500 kΩ, potenziometro

R5 = 1 Ω, 25 Watt

Semiconduttori

D1-D3 = 1N4148

Varie

RL1-RL3 = Relè Finder, 6 V, 2 contatti

CN1 = Connettore a vite per circuito stampato a 3 posizioni

CN2 = Connettore a vite per circuito stampato a 2 posizioni

CN3 = Striscia da 2 terminali maschi

CN4 = Striscia da 9 terminali maschi

30 cm. di cavo piatto a 9 fili (opzionale)

30 cm. di cavo piatto a due fili (opzionale)

22 terminali femmina a saldare per i cavi (opzionale)

guaina termorestringente (opzionale)

cavi singoli per la resistenza e i puntali (opzionale)

3 puntali per misura (opzionale)

1 Circuito stampato PC10193V529

In questa scheda, non è necessario saldare i componenti su entrambe le facce del circuito stampato

Successivamente si possono montare i connettori CN3 e CN4, costituiti da strisce singole di terminali. Questa operazione potrebbe presentare qualche piccola difficoltà, poiché dopo la saldatura le strisce potrebbero risultare esageratamente storte. In questo caso generalmente si adottano due soluzioni: o si lascia il circuito così come è, in condizioni piuttosto disastrose e poco piacevoli alla vista, oppure si tenta la dissaldatura dei terminali, con il rischio di un danneggiamento irreparabile del circuito stampato. Tuttavia, tutto questo può essere evitato utilizzando durante la saldatura una semplice ed efficace accortezza. Per prima cosa bisogna inserire la striscia di terminali nella posizione corretta, e successivamente procedere alla saldatura di uno solo di questi, generalmente quello più esterno. In seguito, girando la scheda, bisogna verificare l'allineamento e la perpendicolarità della striscia; se queste condizioni non sono corrette è sufficiente riscaldare nuovamente lo stagno dell'unica saldatura eseguita, e correggere contemporaneamente con le mani la posizione errata. Dopo aver lasciato nuovamente raffreddare lo stagno precedentemente scaldato, ed aver verificato ancora la correttezza del montaggio, si possono eseguire le saldature dei rimanenti terminali. Il passo successivo consiste nel montaggio e nella saldatura dei tre relè, che prevedono una alimentazione di sei volt mentre sulla scheda è presente una tensione di 5 V. Questo fatto non costituisce un ostacolo, poiché è stato provato in fase sperimentale che questi relè possono essere attivati anche con una tensione di poco inferiore ai tre volt, per cui non dovrebbero verificarsi dei problemi relativi alla loro tensione di eccitazione.

La prima fase del montaggio consiste nell'inserimento e nella saldatura delle due resistenze e dei potenziometri multigiri

Il passo successivo prevede il montaggio dei diodi, durante il quale bisogna prestare attenzione alla loro polarità. La linea di riferimento della serigrafia indica il catodo, e deve coincidere con la striscia presente sul corpo del diodo

Infine si possono montare i connettori a vite, ai quali dovranno essere collegati i puntali di misura (su CN1) e la resistenza da 1 Ω/25 Watt (su CN2), come illustrato nella relativa figura. Il cavo necessario per il collegamento di questa resistenza deve essere di sezione sufficiente, poiché in esso circolerà tutta la corrente oggetto della misura.